

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN LISTRIK TIGA FASA
TERHADAP KINERJA ALAT UKUR DAN HASIL PENGUKURAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh :

JOKO PRASETYO TUHU

D 400 150 022

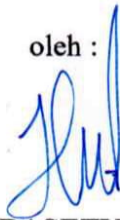
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN LISTRIK TIGA FASA TERHADAP
KINERJA ALAT UKUR DAN HASIL PENGUKURAN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :



JOKO PRASETYO TUHU

D400150022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Jatmiko, M.T.

NIK. 622

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN LISTRIK TIGA FASA TERHADAP
KINERJA ALAT UKUR DAN HASIL PENGUKURAN**

OLEH

JOKO PRASETYO TUHU
D400150022

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji :

**1. Ir. Jatmiko, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**

(.....)

**2. Hasyim Asy'ari, S.T,M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)**

(.....)

**3. Tindyo Prasetyo, S.T,M.T
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
NIK.682

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta

20 Januari 2020

Penulis



JOKO PRASETYO TUHU

NIM. D400150022

PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN LISTRIK TIGA FASA TERHADAP KINERJA ALAT UKUR DAN HASIL PENGUKURAN

Abstrak

Indonesia menggunakan sistem tenaga listrik tiga fasa secara keseluruhan yang disalurkan ke konsumen baik dengan 2 kawat maupun 3 kawat fasa dan 1 kawat netral. Dalam penelitian yang dilakukan, diperlukan alat ukur energi listrik yaitu *Clamp Meter* dan *Multimeter*. Pada sistem arus tiga fasa, daya yang disalurkan sama dengan jumlah daya pada masing-masing fasanya, sehingga hasil pengukuran dengan menggunakan *clamp meter* dengan *multimeter* seharusnya sama. Tetapi pada kenyataannya, hasil pengukuran yang didapat tidak selalu sama. Tujuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pembebanan tidak seimbang akan membuat hasil pengukuran dengan menggunakan *clamp meter* dan *multimeter* akan menghasilkan hasil yang berbeda. Semua perubahan ini tergantung dari nilai ketidakseimbangan beban yang diberikan dan merek dari alat ukur yang digunakan. Penelitian dimulai dengan perancangan rangkaian listrik tiga fasa yang akan digunakan untuk mengukur beban yang digunakan. Ketika rangkaian listrik tiga fasa diberi beban setiap fasanya, maka tegangan, arus dan daya yang dikeluarkan dari setiap fasanya mengeluarkan hasil yang berbeda. Kinerja alat ukur juga berpengaruh terhadap hasil pengukuran yang dilakukan, keandalan alat ukur juga diuji ketika melakukan penelitian ini.

Kata Kunci: listrik tiga fasa, ketidakseimbangan beban, alat ukur, multimeter, clamp meter

Abstract

Indonesia uses a three-phase electric power system as a whole that is distributed to consumers both with 2 wire and 3 phase wire and 1 neutral wire. In the research conducted, electrical energy measuring devices are needed, namely Clamp Meters and Multimeters. In a three-phase current system, the power supplied is equal to the amount of power in each phase, so the results of measurements using a clamp meter with a multimeter should be the same. But in fact, the measurement results obtained are not always the same. The purpose of this study shows that the unbalanced loading will make the measurement results using a clamp meter and multimeter will produce different results. All these changes depend on the value of the given load imbalance and the brand of the measuring instrument used. The study began with the design of a three-phase electric circuit that will be used to measure the load used. When a three-phase electric circuit is charged each phase, the voltage, current and power expended from each phase produce different results. The performance of the measuring instrument also affects the results of measurements made, the reliability of the measuring instrument is also tested when conducting this research.

Keywords: three-phase electricity, load imbalance, measuring devices, multimeters, clamp meter

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan pokok manusia pada zaman sekarang. Listrik terbukti dibutuhkan dengan terhambatnya kegiatan sehari – hari manusia apabila listrik tidak tersedia. Bila listrik tidak tersedia atau tidak seimbang, maka manusia akan merasakan dampak negatif yaitu terganggunya kegiatan kehidupan sehari – hari. Sebaliknya, bila listrik tersedia dengan baik dan

seimbang maka manusia juga akan merasakan dampak positif yaitu pemakaian listrik dalam kehidupan sehari-hari. (Gamma, 2018).

Sistem tenaga listrik yang digunakan di Indonesia secara keseluruhan adalah sistem tegangan tiga fasa dengan arus bolak-balik. Daya listrik tiga fasa ini dibangkitkan oleh generator tiga fasa yang disalurkan melalui saluran transmisi tiga fasa. Daya yang dibangkitkan pada sistem tiga fasa dapat disalurkan dengan mempergunakan 3 kawat fasa dan 1 kawat netral, sehingga dengan demikian seharusnya jumlah daya yang disalurkan pada masing-masing fasa sama dengan daya tiga fasa yang disalurkan. (Franky, 2011).

Tenaga listrik bisa dikatakan seimbang apabila beban pada setiap fasa yang disalurkan (fasa R, fasa S, dan fasa T) besarnya sama. Apabila salah satu fasa terdapat keadaan atau nilai beban yang berbeda dengan fasa yang lain, maka jalur distribusi tersebut mengalami ketidakseimbangan beban. Hal ini dapat merugikan penyedia tenaga listrik. Ketidakseimbangan sistem tiga fasa adalah topik yang tidak asing lagi bagi peneliti dan teknisi sistem tenaga listrik (Al-badi, et al, 2011).

Penelitian ini mengambil beberapa contoh beban yang ada di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dan penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisa kinerja alat ukur yang digunakan untuk penelitian ini, alat ukur yang digunakan pun menunjukkan hasil yang berbeda-beda tergantung dari alat ukur yang digunakan dan merek alat ukur. Data tersebut nantinya akan dijadikan bahan untuk merekomendasikan alat ukur yang baik digunakan untuk mengukur listrik.

2. METODE

2.1 Tahap Penelitian

Proses penulisan naskah publikasi ini menggunakan setidaknya 3 metode untuk melaksanakan penelitian dan penulisan yaitu:

a. Studi literatur

Adalah tahapan untuk mendapatkan informasi untuk membantu dalam proses penelitian yang didapat dari internet, buku, ataupun berbagai jurnal lokal ataupun jurnal internasional.

b. Perancangan rangkaian

Perancangan rangkaian adalah proses untuk rangkaian apa yang digunakan untuk proses penelitian tersebut.

c. Pengambilan data

Pengambilan data dimana rangkaian yang sudah dibuat dihubungkan oleh beberapa beban yang sudah disiapkan dan dihubungkan oleh alat ukur yang ingin digunakan:

1. Menentukan beban yang digunakan dan alat ukur.
2. Mengukur hasil keluaran dengan clamp meter berbagai merek.
3. Mengukur hasil keluaran dengan menggunakan multimeter berbagai merek.

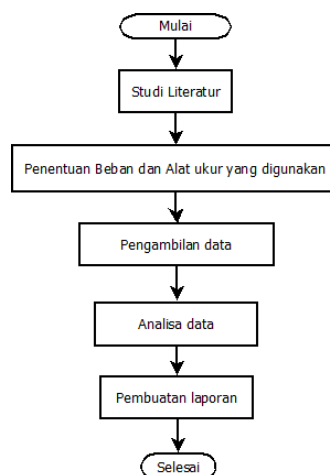
d. Analisis data

Pada tahap ini data – data yang sudah dikumpulkan kemudian dikelompokkan lalu dihitung kemudian dianalisis lalu disimpulkan.

2.2 Alat dan Bahan

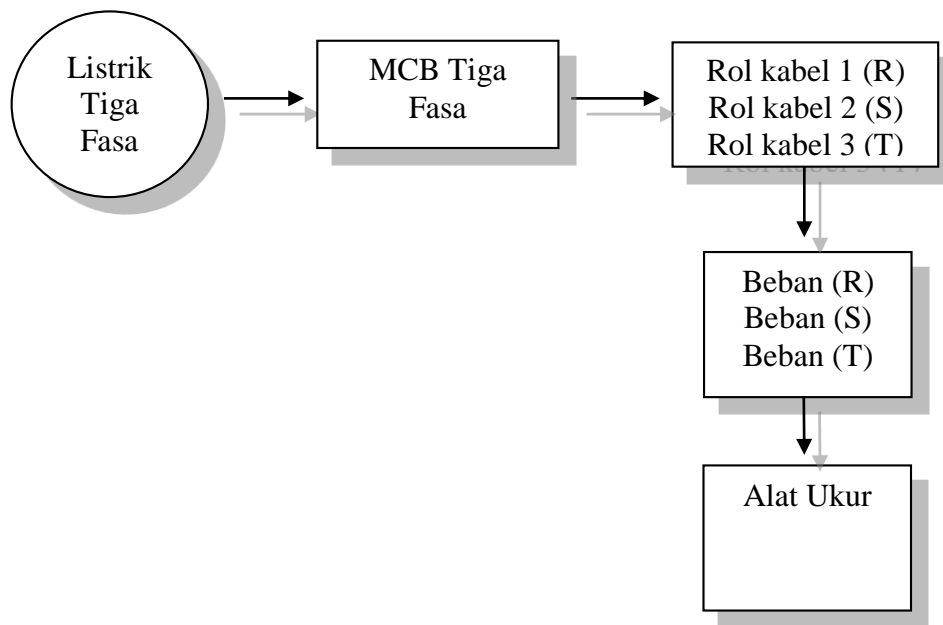
- | | |
|---|--------------------------|
| 1. <i>Clamp Meter</i> VIP 3902 | 9. Lampu bohlam DOP 15W |
| 2. <i>Clamp Meter</i> HIOKI 3286-20 | 10. Lampu bohlam DOP 10W |
| 3. <i>Multimeter digital</i> Sanwa | 11. Lampu TL phillip 18W |
| 4. <i>Multimeter digital</i> Heles Yx-393 | 12. Kompresor 750W |
| 5. <i>Kabel</i> | 13. Papan Trainer |
| 6. Lampu bohlam phillip 200W | 14. Rol Kabel |
| 7. Lampu bohlam phillip 100W | |
| 8. Lampu bohlam phillip 40W | |

2.3 Flowchart Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

2.4 Gambar Skema Rangkaian

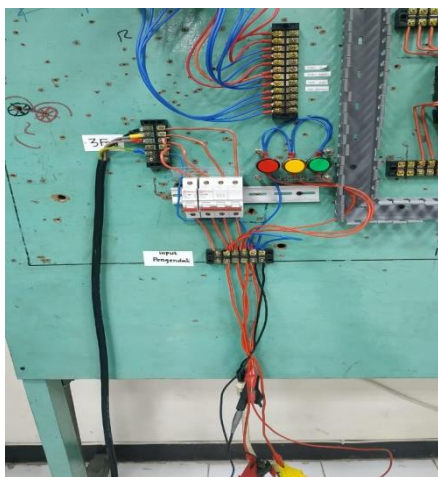


Gambar 2. Skema Rangkaian

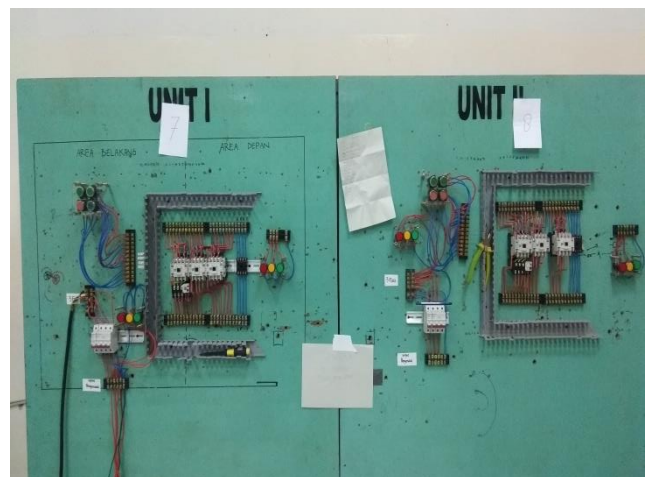
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambar Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik ini menggunakan sumber listrik tiga fasa yang bersumber dari listrik PLN yang disalurkan ke Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Listrik yang mengalir dari sumber di alirkan ke papan trainer untuk selanjutnya dihubungkan dengan beban yang sudah disiapkan. Setelah beban di pasang dalam rangkaian listrik, beban yang sudah tersambung pada setiap fasanya di ukur dengan menggunakan alat ukur.



Gambar 3 Rangkaian Listrik



Gambar 4. Papan Trainer



Gambar 5. Alat ukur yang digunakan



Gambar 6. Pengujian Beban

3.2 Hasil pengukuran dan Analisis

1. Hasil pengukuran dengan menggunakan *clamp meter HIOKI 3286-20* untuk sumber listrik tiga fasa menunjukkan hasil keluaran tegangan sebesar 394,95V. Dimana setiap fasa memiliki tegangan R=230V S=223V T=231V. Rumus perhitungan daya.

$$\text{Daya} = V.I$$

1

2. Hasil pengukuran dengan menggunakan *Clamp Meter VIP 3902* dengan pengujian beban berupa lampu bohlam 200W,100W,40W,15W,10W.

Tabel 1. Pengukuran menggunakan *Clamp Meter VIP 3902*

No	Beban 1 (W)	Beban 2	Beban 3	I(R) (A)	I(S) (A)	I(T) (A)	V(R) (V)	V(S) (V)	V(T) (V)	P (R) (W)	P (S) (W)	P (T) (W)	Cos Phi
1	100	100	100	0,42	0,42	0,42	229	222	230	96,89	93,56	96,78	1
2	100	100	15	0,41	0,42	0,06	229	221	230	93,21	92,9	13,8	1
3	100	40	15	0,43	0,16	0,06	227	220	228	97,61	35,5	13,71	1
4	40	40	40	0,16	0,16	0,15	229	223	227	36,7	35,7	34,05	1
5	100	0	0	0,43	0	0	231	221	230	99,33	0	0	1
6	200	200	200	0,87	0,88	0,87	228	223	229	198,5	196,24	199,3	1
7	40	100	200	0,16	0,42	0,89	230	222	230	36,8	93,24	198,36	1

8	40	15	200	0,16	0,06	0,87	229	221	227	36,64	13,26	197,49	1
9	15	15	15	0,055	0,06	0,06	230	223	230	12,65	13,4	13,8	1
10	10	10	10	0,04	0,042	0,041	229	223	231	9,16	9,325	9,47	1

Dari hasil pengukuran diatas sebanyak 10 kali percobaan menggunakan *clamp meter* VIP 3902, dapat dilihat karakteristik beban lampu yang seimbang disetiap fasa-nya dengan beban yang tidak seimbang pada setiap fasa-nya. Percobaan diatas beban yang seimbang menghasilkan arus yang hampir sama pada setiap fasanya,tetapi untuk tegangan menghasilkan keluaran yang berbeda pada setiap fasanya. Sedangkan untuk beban yang tidakseimbang menghasilkan arus yang berbeda tergantung dari beban yang dipasang pada setiap fasanya. Fasa yang diberi beban seharusnya mengalami penurunan tegangan,dikarenakan tegangan yang masuk ke fasa digunakan untuk mensuplai energi listrik ke beban. Alat ukur ini memiliki kelemahan dalam membaca nilai cos phi dan daya,nilai daya pada tabel diatas adalah hasil kali dari tegangan dan arus. Dikarenakan beban bersifat resistif maka cos phi bernilai 1.

3. Hasil pengukuran dengan menggunakan *Clamp Meter* HIOKI 3286-20 dengan pengujian beban berupa lampu bohlam 200W,100W,40W,15W,10W.

Tabel 2. Pengukuran dengan *clamp meter* HIOKI 3286-20

No	Beban 1 (W)	Beban 2 (W)	Beban 3 (W)	I(R) (A)	I(S) (A)	I(T) (A)	V(R) (V)	V(S) (V)	V(T) (V)	P (R) (W)	P (S) (W)	P (T) (W)	Cos Phi
1	100	100	100	0,43	0,43	0,42	229	223	231	98,5	95,9	97,02	1
2	100	100	15	0,43	0,42	0,06	230	221	229	98,9	92,82	13,75	1
3	100	40	15	0,43	0,17	0,06	230	222	230	98,9	37,75	13,8	1
4	40	40	40	0,17	0,18	0,17	229	222	229	38,95	39,96	38,95	1
5	100	0	0	0,43	0	0	231	223	230	99,35	0	0	1
6	200	200	200	0,87	0,88	0,87	228	222	228	198,35	195,36	198,35	1
7	40	100	200	0,17	0,43	0,87	230	221	229	39,2	95,05	199,3	1
8	40	15	200	0,18	0,06	0,86	221	222	230	39,8	13,35	197,81	1
9	15	15	15	0,06	0,06	0,06	228	223	231	13,70	13,40	13,87	1

10	10	10	10	0,04	0,04	0,04	229	222	228	9,20	8,88	9,12	1
----	----	----	----	------	------	------	-----	-----	-----	------	------	------	---

Dari hasil percobaan kedua dengan menggunakan alat ukur yang sama tetapi dengan merek yang berbeda didapat hasil seperti berikut. Untuk nilai daya yang keluar pada percobaan diatas adalah percobaan dengan menggunakan alat ukur yang dipakai, alat ukur ini mempunyai keunggulan yang bisa membaca nilai dari daya yang di ukur. Sedangkan untuk tingkat ke akurasiannya, alat ukur ini mempunyai nilai error kurang lebih 1%. Nilai daya yang tercatat dalam alat ukur hampir sama dengan hasil kali antara tegangan dan arus pada beban.

4. Hasil pengukuran dengan menggunakan *Multimeter Digital Sanwa* dengan pengujian beban berupa lampu bohlam 200W,100W,40W,15W

Tabel 3. Percobaan dengan menggunakan *multimeter digital Sanwa*

No	Beban 1 (W)	Beban 2 (W)	Beban 3 (W)	I(R) (A)	I(S) (A)	I(T) (A)	V(R) (V)	V(S) (V)	V(T) (V)
1	100	100	100	0,42	0,41	0,42	229,3	222,4	228,7
2	100	40	15	0,42	0,20	0,06	229,5	223,2	227,3
3	200	200	200	0,89	0,89	0,88	231,2	225,1	229,8
4	200	40	15	0,87	0,21	0,05	228,9	220,2	229,1
5	100	200	15	0,42	0,87	0,06	228,4	223,7	227,1

Dari hasil percobaan diatas, dikarenakan multimeter hanya dapat mengukur arus dan tegangan saja. Maka diperoleh data sebagai berikut. Multimeter digital mempunyai kelemahan tidak dapat mengukur nilai daya dan cos phi pada percobaan ini. Multimeter digital ini hampir sama dengan clamp meter VIP 3902, dimana hasil yang keluar pada alat ukur langsung berupa angka yang ditampilkan dalam LCD alat ukur tersebut. Sehingga memudahkan dalam membaca hasil pengukuran.

5. Hasil pengukuran dengan menggunakan *Multimeter* dengan pengujian beban berupa lampu bohlam 200W,100W,40W,15W

Tabel 4. Percobaan dengan menggunakan *multimeter analog Heles Yx 393*

No	Beban 1 (W)	Beban 2 (W)	Beban 3 (W)	I(R) (A)	I(S) (A)	I(T) (A)	V(R) (V)	V(S) (V)	V(T) (V)
1	100	100	100	0,45	0,45	0,40	233	225	230
2	100	40	15	0,40	0,20	0,10	235	220	230
3	200	200	200	0,90	0,85	0,85	232	221	230
4	200	40	15	0,85	0,15	0,05	230	220	230
5	100	200	15	0,45	0,85	0,05	230	220	225

Dari hasil percobaan yang sudah dilakukan, multimeter analog mempunyai tingkat kesulitan untuk melakukan pembacaan data. Dikarenakan posisi saat membaca hasil keluaran dan jarum penunjuk mempengaruhi nilai yang nantinya akan dimasukan kedalam data. Alat ukur ini juga harus di kalibrasi terlebih dahulu, jika alat ukur ini tidak dikalibrasi maka hasil pengukuran akan berbeda dengan alat ukur yang lainnya.

6. Hasil pengukuran dengan menggunakan beban campuran berupa lampu TL phillip 18W, lampu bohlam 100W, lampu bohlam 200W, mesin kompressor 750W dengan menggunakan *clamp meter HIOKI 3286-20*

Tabel 5. Percobaan beban campuran

No.	Beban 1 (W)	Beban 2 (W)	Beban 3 (W)	I(R) (A)	I(S) (A)	I(T) (A)	V(R) (V)	V(S) (V)	V(T) (V)	Cos phi (R)	Cos phi (S)	Cos phi (T)
1	18	18	18	0,361	0,271	0,365	230	221	231	-0,21	-0,29	-0,22
2	18	18	750	0,38	0,272	3,50	226	223	228	-0,21	-0,28	0,931
3	18	18	200	0,37	0,271	0,88	227	222	230,5	-0,20	-0,28	1
4	18	100	200	0,37	0,43	0,88	226	222	230	-0,22	1	1
5	18	100	750	0,38	0,43	3,55	226	223	227	-0,20	1	0,937

Dari hasil percobaan yang sudah dilakukan dengan menggunakan beban resistif dan induktif dapat dilihat bahwa. Hasil cos phi pada beban induktif menunjukan (-), dimana kumparan pada beban induktif menyebabkan terhambatnya laju arus, sehingga gelombang arus menjadi tertinggal atau *lagging*. Untuk beban yang disetiap fasanya memiliki beban yang lebih besar, maka tegangan disatu fasa memiliki nilai yang hampir mendekati dari nilai RST awal pengukuran tanpa beban.

4. 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisa yang sudah disimpulkan penulis dapat menyimpulkan bahwa :

- 1) Pengaruh ketidakseimbangan beban mempengaruhi nilai arus,tegangan dan daya yang berbeda pada setiap fasanya. Jika beban yang seimbang maka arus,tegangan dan daya yang keluar hampir sama nilainya pada setiap fasanya
- 2) Setiap alat ukur yang digunakan pada percobaan yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa setiap alat ukur mempunyai tingkat ke akurasian yang berbeda - beda dan mempunyai keandalan yang berbeda - beda juga.
- 3) *Clamp meter HIOKI* mempunyai error yang paling sedikit dibandingkan *clamp meter VIP 3902* dikarenakan, *clamp meter HIOKI* mempunyai tingkat ke akurasian yang paling mendekati dari *name plate* beban yang diukur.
- 4) Alat ukur *multimeter* hanya dapat mengukur tegangan dan arus yang diukur pada percobaan diatas,sejalan alat ukur *clamp meter* dapat mengukur arus,tegangan,daya dan cos phi pada beban yang di ukur.
- 5) Seiring perkembangan jaman,alat ukur analog sudah mulai ditinggalkan,karena alat ukur analog mempunyai tingkat kesulitan yang lebih sulit dibandingkan dengan alat ukur digital. Untuk dapat membaca hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur analog diperlukan tata cara dalam melihat hasil pengukuran.

PERSANTUNAN

Dalam penulisan artikel publikasi ini penulis berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah ikut serta membantu dalam proses terselesaikannya tugas akhir ini di antaranya sebagai berikut :

- 1) Penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT yang telah memberi petunjuk limpahan karunia yang berlimpah, dan tidak lupa sholawat nabi Muhammad SAW sehingga .dapat terselesaikannya penulisan artikel publikasi ini dengan lancar dan semua kendala dapat dihadapi dengan sabar.
- 2) Keluarga yang selalu memberi banyak dukungan lewat doa dan materi, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas ini dengan lancar dan tenang.
- 3) Dosen pembimbing penulis Bapak Ir.Jatmiko, M.T. yang selalu memberikan ilmu, motivasi, saran, dukungan, dan membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
- 4) Bapak Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro UMS yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat dalam bidang teknik elektro sehingga penulis bisa menjadikan refrensi untuk tugas akhir ini..

- 5) Terima kasih kepada Kharisma, Burhan, Malik, Helmi, Sigit, Nuha, Wawan, Doni, Yanuar, dan teman-teman angkatan 2015 teknik elektro UMS.
- 6) Terima kasih kepada rekan rekan asisten laboratorium teknik elektro UMS yang ikut serta membantu memfasilitasi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
- 7) Terima kasih kepada Keluarga Mahasiswa Teknik Elektro UMS (KMTE), dan juga Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik (DPM FT) UMS atas ilmu ilmu yang sudah diberikan diluar dari ilmu perkuliahan
- 8) Terima kasih kepada Bagas Adrianto, Siska Tiara Putri, dan Agustina Setyaningsih yang telah memberikan banyak motivasi dalam mengerjakan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Azly,Rahmad. (2016) Menghitung Daya Listrik,

<https://duniaberbagiilmuuntuksemua.com/2016/06/dua-cara-perhitungan-daya-listrik.html>

Bina, M., & A. Kashefi. (2011). Three phase unbalance of Distributuions Systems : Complementary Analysis and Experimental Case Study. International Journal of Electrical Power and Energy Systems.

Chembe, D. (2009) *Reduction of Power Losses Using Phase Load Balancing Method in Power Networks. World Congress on Engineering and Computer Science vol 1.*

Franky. (2008) Pengaruh KetidakSeimbangan Beban Tiga Fasa Terhadap Hasil pengukuran :
Program Studi S1 Teknik Elektro – Universitas Indonesia

Julianto, Edy (2011) Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator Distribusi 20KV PT PLN (PERSERO) Cabang Pontianak : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas TanjungPura